

Miikka Kalliola

MONITOIMIHALLIN ENERGIATEHOKKUUDEN  
PARANTAMINEN

Rakennustekniikan koulutusohjelma  
2017

## MONITOIMIHALLIN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Kalliola Miikka  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Huhtikuu 2017  
Ohjaaja: Heinonen Jarkko  
Sivumäärä: 28  
Liitteitä: 2

Asiasanat: energiatehokkuus, ilmanvaihto, lämmön talteenotto, energiansäästö

---

Tämän opinnäytetyön aiheena on tutkia tekijöitä, joilla saataisiin parannettua Sauvossa sijaitsevan monitoimihallin energiatehokkuutta. Työssä keskitytään energiasäästökohteisiin ilmanvaihtojärjestelmässä. Tavoitteena on selvittää kannattavin ja kustannustehokkain lisäys nykyiseen ilmanvaihtojärjestelmään.

Opinnäytetyön taustalla on monitoimihallin suuri energiankulutus. Hallin päälämmitysjärjestelmä on tuloilmalämmitys, joka aiheuttaa suurimman osan energiankulutuksesta.

Opinnäytetyössä selvitetään, kuinka suuri energiansäästö saavutettaisiin lisäämällä lämmöntalteenottojärjestelmä. Ensin etsittiin nykyiseen ilmanvaihtojärjestelmään sopivin lämmöntalteenottojärjestelmä. Järjestelmän valinnan jälkeen laskettiin investointikustannus ja takaisinmaksuaika.

Tulosten perusteella kohteeseen kannattaisi lisätä nestekiertoinen lämmöntalteenottojärjestelmä. Järjestelmästä aiheutuvien investointikustannusten takaisinmaksuaika olisi 6,5 vuotta.

# IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF RECREATIONAL FACILITY

Kalliola Miikka

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

April 2017

Supervisor: Heinonen Jarkko

Number of pages: 28

Appendices: 2

Keywords: energy efficiency, ventilation, heat recovery, energy conservation

---

The purpose of this thesis is to find solution how to improve energy efficiency of sport hall located in Sauvo. The focus is saving energy in ventilation system. The aim of this thesis is to find most suitable and cost-effective add on to system which could be integrated to current ventilation.

Trigger to make the thesis is high energy consumption in sport hall. Sport hall's main heating system is supply air heating which is main reason for high energy consumption.

In this thesis is investigated how great energy savings could be achieved by adding heat recovery system. First task was to find most suitable heat recovery system add for current ventilation system. After the selection of heat recovery system, investment costs and payback time was calculated.

Based on results of the thesis savings would be achieved by adding the liquid circulation heat recovery system. Payback time of the investment costs would be 6,5 years.

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	5
2 ENERGIATEHOKKUUS .....	6
2.1 Energiatehokkuus Suomessa.....	6
2.2 Mitä eri keinoja energiatehokkuuden parantamiseen on .....	8
3 ILMANVAIHDON MITOITUS SEKÄ ENERGIATEHOKKUUS.....	9
4 HALLIN ESITTELY .....	11
4.1 Nykyinen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmä ja niiden toimintatapa .....	12
4.2 Ongelmat.....	20
5 KORJAUSTOIMENPITEET .....	22
5.1 Tilantarve laitteille .....	22
5.2 LTO-lisäys ilmanvaihtojärjestelmään .....	23
5.3 LTO:n kustannukset sekä takaisinmaksuaika .....	26
6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET .....	27
LÄHTEET .....	28
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Tämä monitoimihalli päätettiin rakentaa urheiluseuran idean ja tarpeellisuuden johdosta. Monitoimihallissa on paljon erilaisia tiloja. Suurimman osan hallin tilasta vie sisällä oleva jalkapallokenttä. Tämän lisäksi monitoimihallissa on myös kuntosali, ryhmäliikuntatila, fysioterapiahuone, kahvio, neuvottelu- ja saunatilat sekä pesu- ja pukuhuoneet joukkueille. (Liite 1)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on etsiä erilaisia ratkaisuja, joilla monitoimihallin energiatehokkuutta saataisiin parannettua. Monitoimihalli rakennettiin pääosin talkoovoimin sekä tarvike- ja kalustelahjoituksin. Tämän takia järjestelmissä on parannettavaa. Suurin energiatehokkuuden parannuskohde on ilmanvaihto, koska järjestelmässä ei ole minkäänlaista lämmöntalteenottoa ja hallin lämmitys tapahtuu pääsääntöisesti ilmalämmityksellä.

Monitoimihallin tilojen käyttö eri vuodenaikoina on otettava huomioon, koska se vaihtelee todella paljon. Kuntosalia käytetään ympäri vuoden ja monitoimihallin muita tiloja taas käytetään enemmän lokakuusta maaliskuuhun.

Rajoitteita aiheuttaa myös tilan puute sekä kustannukset. Nykyinen konehuone on jomelko täynnä, joten uusien laitteiden lisäys järjestelmään voi olla hankalaa. Myös kustannukset ovat merkittävässä roolissa. Lisäinvestointeja tehdään vain, jos pystytään osoittamaan, että niiden perusteella saadaan säästöjä järkevässä ajassa.

## 2 ENERGIATEHOKKUUS

Tarvitsemme energiaa mahdollistamaan nykyaikaisen elämän yhteiskunnassa. Energiaa tarvitaan muun muassa valaistukseen, tilojen lämmitykseen ja jäähdytykseen, lukuisiin erilaisiin sähköisiin laitteisiin ja järjestelmiin, liikenteeseen, ilmanvaihtoon sekä käyttöveden lämmitykseen. (RAKLI ry www-sivut 2017.)

Energiatehokkuus kuvaa energiasta saatavan hyödyn ja siihen tarvittavan energiapannoksen suhdetta. Energiatehokkuutta voidaan kuvata eri näkökulmista, esimerkiksi taloudellisesti, energian laadun tai sen omavaraisuuden perusteella. (RAKLI ry www-sivut 2017.)

### 2.1 Energiatehokkuus Suomessa

Rakennusten energiatehokkuuden ohjaus Suomessa kuuluu Ympäristöministeriön vastualueeseen ja sitä ohjaa maankäyttö- ja rakennuslaki sekä energiatodistuslaki (Heinonen 2013).

Suomea koskevia energiansäästötavoitteita on useita. EU:n energiansäästön toimenpideohjelman säästötavoitteena on 20 % vuoteen 2020 mennessä. EU-tasolla uusiutuvien energialähteiden osuus on lisättävä 20 %:in vuonna 2020 (RES-direktiivi). Suomessa uusiutuvien energialähteiden osuus on tällä hetkellä 28 % ja se tulee kasvattaa 38 %:in. (Heinonen 2013.)

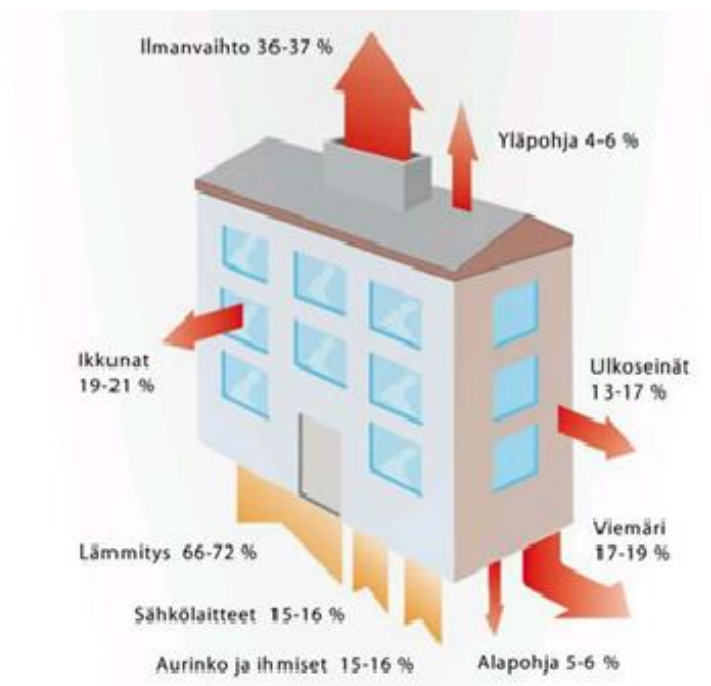
Rakennusten energiatehokkuutta koskevan direktiivin (EPBD 2010) tavoitteena on vähentää hiilidioksidipäästöjä ja parantaa rakennusten energiatehokkuutta koko EU:n alueella. Direktiivi määrittelee rakentamiseen erilaisia vähimmäisvaatimuksia. Uudis- ja korjausrakentamisen yhteydessä asennettavien teknisten järjestelmien energiatehokkuudelle on asetettu omat vähimmäisvaatimuksensa. Kaikkien uusien rakennusten tulee olla vuoden 2020 jälkeen lähes nollaenergiataloja, joten työtä tämän asian parissa on tiedossa myös jatkossa. (Heinonen 2013.)

Lähes nollaenergiatalo tarkoittaa sellaista rakennusta, jossa energiantarpeesta katetaan suuri osa rakennuksessa tai sen läheisyydessä uusiutuvana energiana. Uusiutuvia energialähteitä ovat muun muassa aurinkolämpö ja -sähkö, maalämpöjärjestelmällä maasta tuotettu lämpö sekä rakennuksessa tai sen läheisyydessä tuotettu tuulivoima. (ISOVER www-sivut 2017.)

Hallituksen linjauksen mukaan Suomen kasvihuonepäästöt ovat 80 % pienemmät vuonna 2050 verrattuna vuoteen 1990 (Heinonen 2013).

Energiatehokkuuden parantaminen rakennetun ympäristön osalta on merkittävä asia koko Suomen näkökulmasta. Rakennetun ympäristön osuus energian kokonaiskulutuksesta on noin 40 %, liikenne mukaan lukien noin 60 %. (RAKLI ry www-sivut 2017.)

Rakennusten lämpötase (kuva 1) muodostuu rakennukseen tulevista lämpövirroista sekä sieltä poistuvista lämpövirroista, eli lämpöhäviöistä. Lämpöhäviöt aiheutuvat ilmanvaihdon poistoilman ja viemäriin johdetun lämpimän käyttöveden mukana poistuvasta lämmöstä sekä ulkovaipan läpi johtuvasta lämmöstä. (Motiva www-sivut 2016.)



Kuva 1. Lämpöenergiatase 1960-1980 lukujen asuinkerrostalossa, 2 asukasta (Kekki 2013)

## 2.2 Mitä eri keinoja energiatehokkuuden parantamiseen on

Energiatehokkuuden parantamisen lähtökohtana voidaan pitää jokaisen omia käyttötottumuksia sekä rakennusten teknisten järjestelmien ja materiaalien energiatehokkuuksia. Myös sisälämpötiloilla on suuri vaikutus energiatehokkuuteen, sillä nyrkki-sääntönä yhden asteen lämpötilan alentaminen vähentää lämmitysenergiankulutusta 5 prosenttia. (Motiva www-sivut 2016.)

Vanhemmat taloyhtiöt voivat parantaa rakennuksien energiatehokkuutta huomattavasti esimerkiksi vaihtamalla ilmanvaihtojärjestelmänsä ja lisäämällä siihen lämmöntalteenoton sekä vaihtamalla ikkunat nykyaikaisiksi. (Motiva www-sivut 2016).



### 3 ILMANVAIHDON MITOITUS SEKÄ ENERGIATEHOKKUUS

Ilmanvaihdon peruserä on saada rakennukseen viihtyisä ja terveellinen sisäilma energiatehokkuudesta tinkimättä. Tärkein energiatehokkuuteen liittyvä asia ilmanvaihdossa on lämmöntalteenotto eli LTO-järjestelmä. Järjestelmässä poistoilmasta otetaan mahdollisimman paljon lämpöenergiaa talteen, josta se siirretään ulkoa otettavaan raittiiseen ilmaan eli toisin sanoen esilämmitetään tuloilmaa. Talteen otettu lämpöenergia riittää esilämmittämään rakennukseen tuotavan ilman, mutta kylmimpinä aikoina voidaan myös tarvita jälkilämmityspatteria, joka voi olla vesikiertoinen tai sähkövastuksella toteutettu. (Energiatehokas koti www-sivut 2016.)

LTO-koneiden tehokkuutta kuvataan kahdella eri termillä, jotka ovat lämpötilasuhde ja vuosihyötysuhde. Lämpötilasuhde kuvaa laitteen kykyä ottaa lämpöä talteen standardoidussa testitilanteessa ja vuosihyötysuhde kertoo, kuinka paljon ilmanvaihdon tarvitsemasta lämmitysenergiasta saadaan katetuksi LTO:lla. Vuosihyötysuhde huomioi koko lämmityskauden lisäksi rakennuksen sijainnin sekä lämmönsiirtimien jäätymisen eston vaikutuksen. (Energiatehokas koti www-sivut 2016.)

Myös oikein mitoitettu ilmanvaihto on tärkeä osa energiatehokkuutta. Asuintalossa ilmanvaihto on oikein mitoitettu silloin, kun ilma vaihtuu rakennuksen ilmatilavuuden verran kerran kahdessa tunnissa. Tästä käytetään myös nimitystä ilmanvaihtokerroin, joka siis pitäisi olla  $0,5 \frac{1}{h}$ . Muun kuin asuintalon ilmanvaihto suunnitellaan siten, että ilmanvaihtokerroin käyttöajan ulkopuolella on 2,5m korkuisessa huoneessa  $0,2 \frac{1}{h}$ . Eri tiloilla voi kuitenkin olla omia ilmanvaihtokerroin vaatimuksia ja sopivimman ilmanvaihdon näihin osaa suunnitella parhaiten ammattitaitoinen IV-suunnittelija. (Energiatehokas koti www-sivut 2016.)

Hyvien sisäolosuhteiden saavuttaminen kuluttaa energiaa todella paljon. Tämän takia ilmastointi onkin yksi merkittävä energiankuluttaja rakennuksissa. Rakennuksen ja ilmastoinnin energiankulutukseen voidaan vaikuttaa niin rakenneteknisten, taloteknisten kuin arkkitehtonisten ratkaisujen avulla. Optimaalisen kokonaisratkaisun löytämiseksi on suunnittelijoiden välinen yhteistyö rakennushankkeen alusta alkaen tärkeää. (Sandberg 2014, 448.)

”Ilmanvaihdon ja ilmastoinnin energiankulutuksen laskennassa on erotettavissa seuraavat osat: ilmanvaihtoilman lämmittäminen joko huoneessa tilan lämmityslaitteilla tai ilmanvaihtokoneessa. Ilmaa siirtävien puhaltimien sähkönkulutus, ilmastointikoneen energiankulutus, johon kuuluu mm: jäähdytykseen sekä kostutukseen käytetty energia sekä jäähdytysjärjestelmän energiankulutus.” (Sandberg 2014, 448.)

## 4 HALLIN ESITTELY

Tämä monitoimihalli rakennettiin urheiluseuran idean sekä käyttötarpeen takia. Hallissa on jalkapallokentän lisäksi myös monia muita tiloja; fysioterapiahuone, kahvio, kuntosali, ryhmäliikuntatila, neuvottelu- ja saunatilat sekä pesu- ja pukuhuoneet joukkueille. (Liite 1)

Hallin suunnitteluvaiheessa ongelmia aiheutti paljon tilojen muutokset. Kuntosali liitettiin monitoimihalliin vasta loppuvaiheessa.

Monitoimihallin eri tilojen käyttö eri vuodenaikoina asettaa omat haasteensa ilmanvaihdon sekä lämmityksen oikein säätämiseksi. Kuntosalia sekä ryhmäliikuntatilaa käytetään ympäri vuoden ja kävijämäärät vaihtelevat todella paljon. Monitoimihallin muita tiloja taas käytetään enemmän lokakuusta maaliskuuhun.

Hallin nykyinen energiankulutus vuodessa on noin 50 000 kWh sähköä. Tämä sisältää niin ilmanlämmityksen, valaistuksen kuin käyttöveden lämmitykseenkin kuluva energia. Käyttövesi on kokonaan oma järjestelmänsä, eikä sitä olla tässä opinnäytetyössä huomioitu.

Ensimmäinen kokonainen käyttövuosi oli 2013 ja tällöin kulutus oli 48 400kWh. Vuonna 2014 kulutus oli 51 900kWh, vuonna 2015 52 600kWh ja vuonna 2016 54 800kWh. Pelkkää ilmanvaihdon ja ilman lämmitykseen kuluva energia on vaikea arvioida.

Joka vuosi kesäkuukausina, kesäkuu-elokuu kokonaiskulutus on ollut pientä, noin 2000kWh/kk korkean ulkolämpötilan takia, joten ilman lämmittämiseen tarvittava energia on huomattavasti pienempi. Talvikkuukausina, joulukuu-helmikuu taas kokonaiskulutus on ollut korkeampi, noin 6000-7500kWh/kk ulkolämpötilasta riippuen. Vuoden 2016 tammikuussa oli suurin hallin energian kokonaiskulutus, 9500 kWh.



Kuva 2. Ulkopuolelta monitoimihallista otettu kuva

#### 4.1 Nykyinen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmä ja niiden toimintatapa

Monitoimihallissa (kuva 2) on tällä hetkellä käytössä ilmalämmitys sekä joissain tiloissa lisäksi sähköinen lattialämmitys. Monitoimihallin yleisiä tiloja varten IV-konehuoneessa on vain yksi tuloilmakone, ja yksi poistoilmakone joiden molempien ilmamäärä täydellä teholla on noin  $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Koneita käytetään suurimmaksi osaksi aikaa kuitenkin vain noin kolmasosa teholla, eli noin  $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Määräysten sekä suunnitelmien mukaan kuntosalissa ilmanvaihto on  $200 \text{ l/s}$  ja ryhmäliikuntatilassa  $240 \text{ l/s}$ , mutta tiloissa pidetään ilmanvaihtona tästä puolta, eli  $100 \text{ l/s}$  ja  $120 \text{ l/s}$  vähäisen käyttömäärän takia. Tämän lisäksi ilmaa viedään normaali tilanteessa aulaan noin  $100 \text{ l/s}$ . Ilmanvaihdon tehostuspainike lisää ilmanvaihdon noin kolminkertaiseksi, eli  $300 \text{ l/s}$  kuntosalissa,  $360 \text{ l/s}$  ryhmäliikuntatilassa ja aulassa  $300 \text{ l/s}$ .

Tämän lisäksi konehuoneessa on myös isompi poistoilmakone, jonka ilmamäärä on 3,0 m<sup>3</sup>/s. Tämä kone on kuitenkin käytössä vain jalkapallokenttää käytettäessä. Vähäisen käytön vuoksi kyseistä konetta ei ole huomioitu tässä opinnäytetyössä.

Tuloilmakoneesta ilmaa viedään kuntosaliin, ryhmäliikuntatilaan sekä aulaan. Tuloilman puhallus lämpötila on 22-26°C ja hallin sisälämpötila yleisissä tiloissa on 15-20°C. Tämä tuloilmakone sekä pienempi poistoilmakone ovat käynnissä koko ajan.

Tämän lisäksi toisessa kerroksessa sijaitsevassa kahviossa sekä neuvottelutilassa on omat pienet LTO-koneensa. Kahvion varastossa sijaitseva ILTO 300 LTO-kone (kuva 3) hoitaa myös vieressä olevien wc-tilojen ilmanvaihdon. Neuvottelutilan välikatossa sijaitseva Iloxair 129 (R) LTO-kone (kuva 4) hoitaa neuvottelu-/kokoustilan ilmanvaihdon lisäksi myös pesuhuoneen ja saunan ilmanvaihdon. Näiden koneiden tuloilman lämpötilan asetusarvo on 16-18°C ja ne ovat myös käynnissä koko ajan.

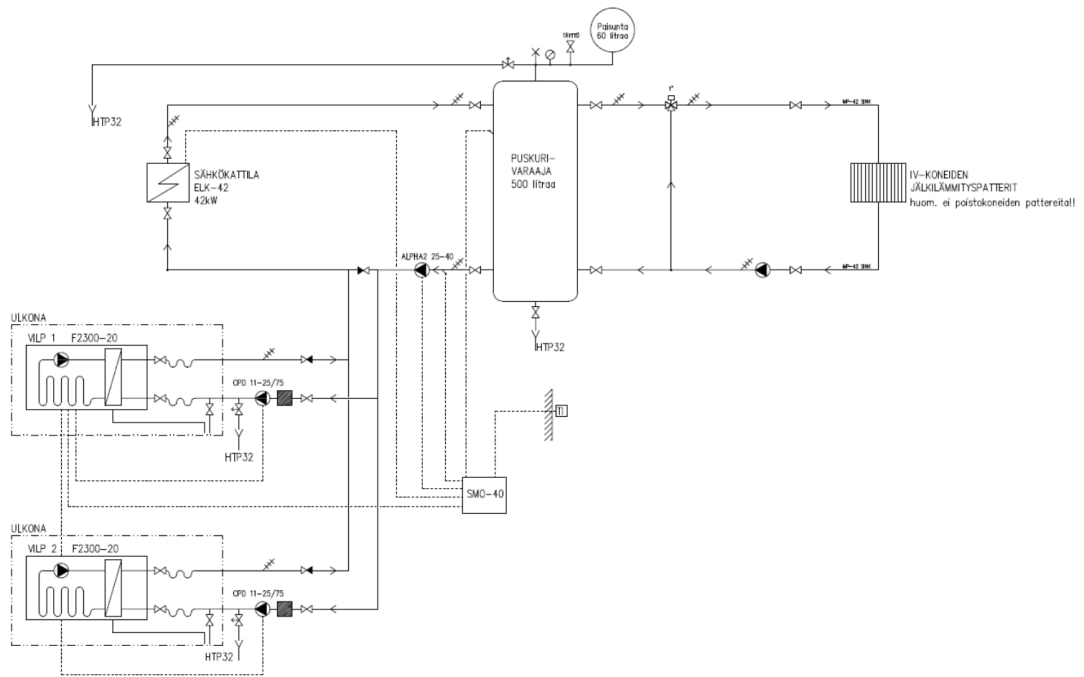


Kuva 3. Kahvion varastossa sijaitseva ILTO 300 LTO-kone



Kuva 4. Neuvottelutilan välikatossa sijaitseva Iloxair 129 (R) LTO-kone

Nykyisin tuloilmaa lämmitetään ilma-vesilämpöpumppujen (kuva 6) tuottamalla lämmöllä. Nykyiset ilmavesilämpöpumput ovat NIBE F2300 sarjaan ja tehoiltaan ne ovat 20 kW kappaleelta. Tämän lisäksi järjestelmään on asennettu 42kW:n sähkökattila (kuva 7) rinnalle, jos ilmavesilämpöpumpuilta saatu lämpö ei riitä. (kuva 5)



Kuva 5. Lämmitysjärjestelmän periaatekuva





Kuva 6. Ulkona sijaitsevat ilma-vesilämpöpumput



Kuva 7. IV-konehuoneessa sijaitseva NIBE ELK-42 sähkökattila

Lämmitystä ja sähkökattilan käyttötarvetta ohjataan ja säädetään NIBE SMO-40 (kuva 8) ohjausyksiköstä, joka sijaitsee IV-konehuoneessa sähkökattilan vieressä.



Kuva 8. NIBE SMO-40 ohjausyksikkö

Tuloilmaa johdetaan koneen jälkeen erikseen alakerran voimistelusaliiin ja aulaan sekä yläkerran kuntosalille. Molempiin kanavistoihin on asennettuna tuloilman jälkilämmityspatteri (kuva 9). Aulasta lämmitetty tuloilma leviää siirtoilmana hallin muihin tiloihin.



Kuva 9. Jätkilämmityspatteri

Järjestelmässä on myös varauduttu kolmannen ilmavesilämpöpumpun ja suuremman varaajan lisäykseen. Varaaja sijoitettaisiin alakerran varastoon.

#### 4.2 Ongelmat

Järjestelmässä havaittuja puutteita ovat suuri energian kulutus, koska ilmanvaihtokoneessa ei ole minkäänlaista lämmöntalteenottoa eli lämmin poistoilma puhalletaan suoraan pihalle. Lisäksi ilmanvaihdon tehokkuuteen pitäisi kiinnittää enemmän huomiota, koska tällä hetkellä ilmanvaihto pyörii ympäri vuorokauden vakionopeudella kävijämääristä riippumatta.

Vain kuntosalissa ja ryhmäliikuntatilassa on ilmanvaihdon tehostuspainike (kuva 10), joka lisää tuloilman ilmanvaihtoa noin kolminkertaiseksi kahdeksi tunniksi kerrallaan.

Yleistilanteessa ja normaalein ilmavirroin tuloilman ilmamäärä on siis noin  $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , mutta tehostuksen ollessa käytössä ilmamäärä kasvaa noin  $0,95 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tuloilman ilmanvaihto kasvaa myös aulassa, silloin kuin ilmanvaihdon tehostus on päällä. Tämä johtuu siitä, että kohteessa on vain yksi tuloilmakone, joten tehostus lisää tuloilman ilmanvaihtoa kaikkialla samanaikaisesti.



Kuva 10. Kuntosalissa sijaitseva ilmanvaihdon tehostuspainike

## 5 KORJAUSTOIMENPITEET

Korjaustoimenpiteistä eniten vaikutusta energiatehokkuuteen on ilmanvaihdolla, koska koko hallin lämmitys tapahtuu sen kautta ja tuloilma lämmitetään suoraan ulkoilmasta. Ilmanvaihtojärjestelmään tulisi lisätä lämmöntalteenotto, koska tällä hetkellä kaikki lämmin poistoilma puhalletaan suoraan ulos. Myös ilmanvaihdon tehokkuuteen tulisi kiinnittää enemmän huomiota kävijämäärien mukaan.

### 5.1 Tilantarve laitteille

Järjestelmien parantamista rajoittaa uusien laitteiden ja mahdollisten muutosten vaatima tilantarve sekä niistä aiheutuvat kustannukset. Nykyinen konehuone (kuva 11) on jo tämän hetkisistä laitteista melko täynnä.

Moottoripeltien puute on myös ongelma. Tällä hetkellä vain koneissa on moottoripellit, joten ilmavirtojen säätö ei onnistu. Jos kanavistoihin lisättäisiin myös sulku- tai kiertoilmapelti, voitaisiin ilmaa ohjata yöaikana niin, että raitisilmaa ei otettaisi kokonaan suoraa ulkoa, vaan hyödynnettäisiin osin jo valmiiksi lämmintä poistoilmaa. Yöaikana 23.00-05.30, tilalla ei ole käyttöä, joten ilmanvaihtoa voisi käyttää vuorokaudesta noin 6 tuntia tällä menetelmällä, joka säästäisi energiaa merkittävästi.

Koneissa on jo lämmityspatterit valmiina, mutta niitä ei olla kytketty käyttöön. Mikäli kohteeseen valitaan Fläktwoods sin Econet Premium järjestelmä, laitelisäykset olisivat vähäisiä. Ne saataisiin asennettua noin 1m x 1m jalustalle, joka voidaan tehdä esimerkiksi ilmanvaihtokoneen päälle. (Liukas, J. Henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2017)

Myös kustannukset ovat merkittävässä roolissa, koska halli ja sen järjestelmät ovat pääosin tehty talkoovoimin ja laite- sekä kalustelahjoituksin. Lisäinvestointeja halliin tehdään ainoastaan, jos laskemalla pystytään osoittamaan, että investointi on kannattava ja se luo selvää säästöä järkevässä ajassa.

Econet LTO-järjestelmän patterit mitoitettu ilmavirran tehostus tilanteessa, kesä- ja talvi tilanteessa Fläktwoods sin ACON-ohjelmalla. (Liite 2)



Kuva 11. IV-konehuone

## 5.2 LTO-lisäys ilmanvaihtojärjestelmään

Fläktwoods Econet Premium-järjestelmä olisi kohteeseen sopiva. Sillä saataisiin hyvin lämmöntalteenotto asennettua kohteeseen, koska koneissa on jo lämmityspatterit valmiina, eli laitelisäykset olisivat vähäisiä.

Pumppuryhmän ja vaihdin paketin hinta on yhteensä noin 9500€ alv 0%, 11780€ alv 24%. Tämän lisäksi kustannuksia aiheutuu työstä arviolta noin 3200€. Asennustyön yhteydessä tarvitaan myös tietty määrä putkea ja eristeitä, kannakkeita, kurveja sekä piirissä kiertävä neste. Näiden hinnaksi voidaan arvioida noin 1500 €.

Lämmöntalteenotolla talteen otettu keskimääräinen teho lasketaan kaavalla:

$$\dot{Q}_{lto} = \eta_{a,ivkone} t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} (T_s - T_u)$$

jossa

$\eta_{a,ivkone}$  = ilmanvaihtokoneen lämmön talteenoton poistoilman vuosihyötysuhde

$t_d$  = ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h

$t_v$  = ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntisuhde aika, vrk/7vrk

$\rho_i$  = ilman tiheys, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c_{pi}$  = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kgK)

$q_{v,poisto}$  = poistoilmavirta m<sup>3</sup>/s

$T_s$  = sisälämpötila, °C

$T_u$  = ulkolämpötila, °C (Sandberg, E. 2014. 451.)

Esimerkki lasku vuodelle 2016 on laskettu niin, että oletetaan ilmavaihdon tehostuksen olevan kerran päivässä päällä, viikon jokaisena päivänä. Eli ilmanvaihto on päällä normaalilla ilmavirralla 22h vuorokaudessa ja tehostetulla ilmavirralla 2h vuorokaudessa.

Esimerkki lasku, ensimmäisessä kuukaudessa kaavat sekä arvot, lopuissa vain tulokset (Taulukko 1) vuodelle 2016 kuukausittain, pois lukien kesäkuu-elokuu. Kuukausissa vaihtuu päivien lukumäärä sekä ulkoilman keskilämpötila, joka on katsottu taulukosta. (Sandberg, E. 2014. 453)

tammikuu:

normaalilla ilmavirralla:

$$\dot{Q}_{lto} = 0,54 * 22/24 \text{ h} * 7/7 \text{ vrk} * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ J/(kgK)} * 0,3 \text{ m}^3/\text{s} * (16^\circ\text{C} - (-3,97^\circ\text{C}))$$

$$\dot{Q}_{lto} = 3559 \text{ W}$$

tehostetulla ilmavirralla:

$$\dot{Q}_{lto} = 0,54 * 2/24 \text{ h} * 7/7 \text{ vrk} * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ J/(kgK)} * 0,95 \text{ m}^3/\text{s} * (16^\circ\text{C} - (-3,97^\circ\text{C}))$$

$$\dot{Q}_{lto} = 1024 \text{ W}$$

Lämmöntalteenoton jälkeinen kuukauden keskimääräinen lämpötila lasketaan kaavalla:

$$T_{lto} = T_u + \dot{Q}_{lto} / t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo}$$



jossa

$T_{lto}$  = lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C

$\dot{Q}_{lto}$  = lämmöntalteenotolla talteen otettu kuukauden keskimääräinen teho, W (Sandberg, E. 2014. 451.)

normaalilla ilmavirralla:  $T_{lto} = -3,97^{\circ}\text{C} + 3559 \text{ W} / (22/24 \text{ h} * 7/7 \text{ vrk} * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ J/(kgK)} * 0,3 \text{ m}^3/\text{s}) = 6,81^{\circ}\text{C}$

tehostetulla ilmavirralla:  $T_{lto} = -3,97^{\circ}\text{C} + 1024 \text{ W} / (2/24 \text{ h} * 7/7 \text{ vrk} * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ J/(kgK)} * 0,95 \text{ m}^3/\text{s}) = 6,81^{\circ}\text{C}$

Ilmanvaihdosta talteen otettu energia voidaan laskea kaavalla:

$$Q_{lto} = \sum t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_{lto} - T_u) \Delta t / 1000$$

jossa

$Q_{lto}$  = ilmanvaihdosta talteen otettu energia, kWh

$q_{v,tulo}$  = tuloilmavirta  $\text{m}^3/\text{s}$

$T_{lto}$  = lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C

$\Delta t$  = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi (Sandberg, E. 2014. 452.)

normaalilla ilmavirralla:

$$Q_{lto} = 22/24 \text{ h} * 7/7 \text{ vrk} * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ J/(kgK)} * 0,3 \text{ m}^3/\text{s} * (6,81^{\circ}\text{C} - (-3,97^{\circ}\text{C})) * 24 * 31 / 1000 = 2648 \text{ kWh}$$

tehostetulla ilmavirralla:

$$Q_{lto} = 2/24 \text{ h} * 7/7 \text{ vrk} * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ J/(kgK)} * 0,95 \text{ m}^3/\text{s} * (6,81^{\circ}\text{C} - (-3,97^{\circ}\text{C})) * 24 * 31 / 1000 = 762 \text{ kWh}$$

Tammikuu yhteensä:	3410 kWh
Helmikuu yhteensä:	3275 kWh
Maaliskuu yhteensä:	3172 kWh
Huhtikuu yhteensä:	1900 kWh
Toukokuu yhteensä:	895 kWh
Syyskuu yhteensä:	904 kWh
Lokakuu yhteensä:	1673 kWh
Marraskuu yhteensä:	2562 kWh
Joulukuu yhteensä:	3106 kWh
Koko vuosi yhteensä:	20897 kWh

Taulukko 1. Talteen otettu energia kuukausittain

### 5.3 LTO:n kustannukset sekä takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuajan saa laskettua jakamalla tarvittavan investoinnin vuodessa syntyneellä säästöllä. (Takaisinmaksuaika = Investointi / Vuotuinen säästö)

(Motiva www-sivut 2016.)

Lisättävä Fläktwoodsien Econet Premium paketin hinta tarvittavilta osin on noin 9500€ alv 0%. Hinta 11 780€ alv 24%. Työn hinta noin 3200€ sekä tarvittavat putket, eristeet, kurvit, kannakkeet, pääteliittimet sekä kiertävä neste noin 1500 €. Eli yhteensä kustannuksia tulisi noin 16 500€.

Sähkön hinta tällä hetkellä hallin sijaintipaikassa, Sauvossa on noin 4,3 snt/kWh. Kun sähkön hintaan lisätään myös siirtomaksu ja vero, voidaan arvona käyttää noin 12snt/kWh. Huomioiden koko vuoden 2016 LTO:lla saatu säästö, eli 20897 kWh tällä sähkön hinnalla, saadaan vuosikohtaiseksi säästöksi siis  $0,12 \text{ €/kWh} * 20897 \text{ kWh} = 2508 \text{ €}$ . Joten jos kokonaisinvestointi on noin 16 500€ ja vuotuinen säästö 2508 €, saadaan takaisinmaksuajaksi vuosina: 6,5v.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Vuoden 2016 kokonaiskulutus oli 54 800 kWh. Tämä luku sisältää hallin koko sähkönkulutuksen, josta pelkän ilmanvaihdon osuutta on vaikea arvioida. Mutta kuten laskuista huomataan, lämmöntalteenoton lisäyksellä saataisiin säästettyä lähes puolet vuosittaisesta energiankulutuksesta ja näin ollen myös kustannuksista.

Laskelmat huomioiden on laitelisäys kannattava. LTO-järjestelmän lisäys säästäisi energiaa todella paljon ja investointi maksaisi itsensä takaisin 6,5 vuodessa, jonka jälkeen se alkaa säästää merkittäviä summia vuodessa.

Toimenpide-ehdotuksena on, että monitoimihalliin kannattaisi ehdottomasti lisätä lämmöntalteenottojärjestelmä. Lämmöntalteenottojärjestelmä säästäisi energiaa yli puolet nykyisestä vuoden kulutuksesta, joten kyseessä on merkittävä säästö.

## LÄHTEET

Energiatehokas koti www- sivut 2016. Viitattu 22.2. [http://www.energiatehokas-koti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/ilmanvaihto](http://www.energiatehokas-koti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/ilmanvaihto)

Heinonen, J. 2013. Luento Satakunnan ammattikorkeakoulun teho- ja energiantarpeen kurssilla 29.10.2013.

ISOVER www-sivut. 2017. Viitattu 23.2.2017. <http://www.isover.fi/suunnittelijalle/mita-nollaenergiatalo-tarhoittaa>

Liukas, J. 2017. Myynti / Tekninen tuki, Fläktwoods Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto ja kohteessa käynti 1.3.2017.

Kekki, M. 2013. Energiankulutus taloyhtiössä. Taloyhtiön infoilta 8.10.2013.

Motiva Oy www-sivut 2016. Viitattu 17.1.2017. <http://www.motiva.fi/files/1694/kat-energiakatselmoijan-kasikirja-osa-2-luku-2-2-A.pdf>

Motiva Oy www-sivut 2016. Viitattu 17.1.2017. [http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/energiatehokkuuden\\_parantaminen](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/energiatehokkuuden_parantaminen)

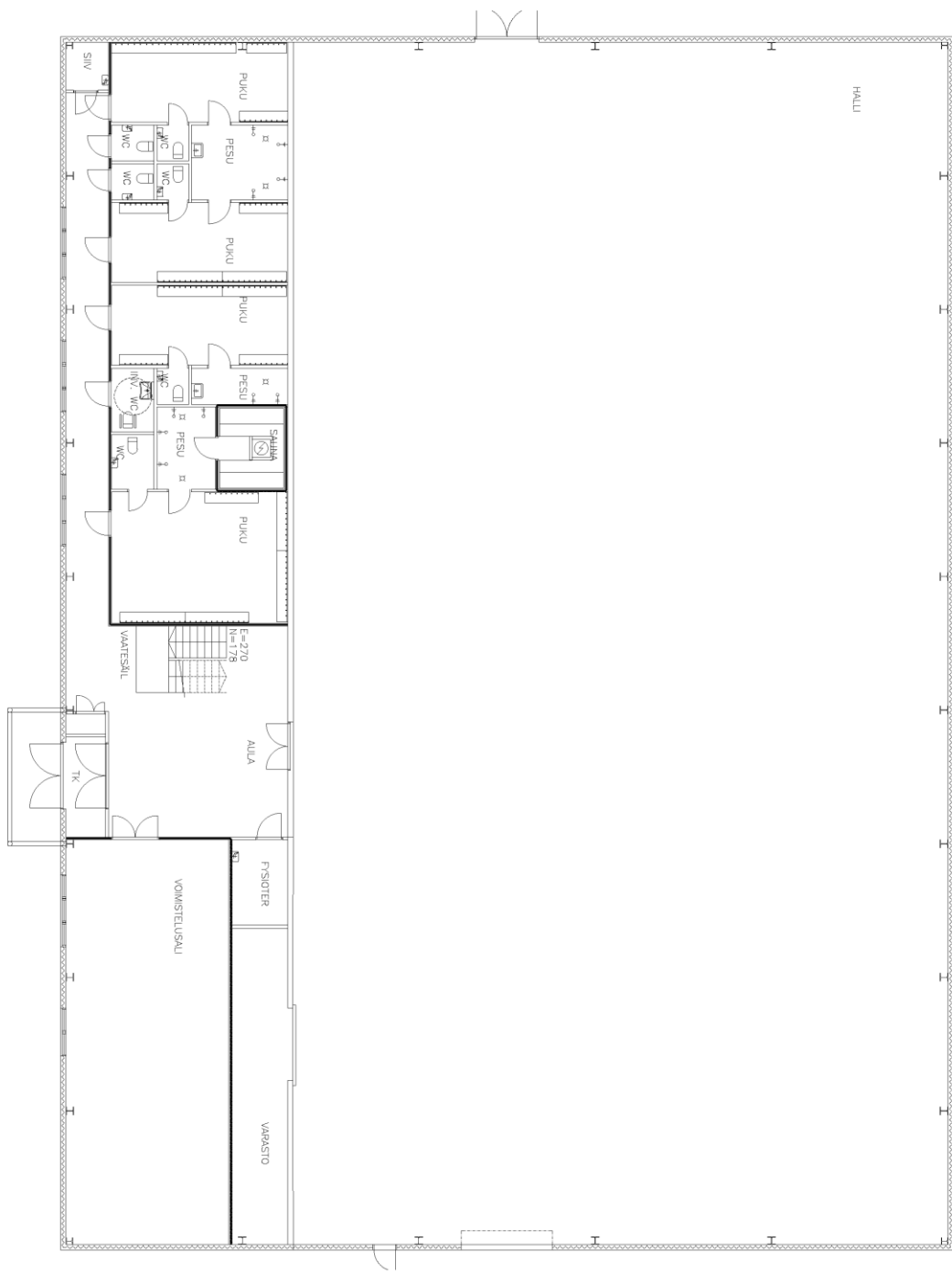
Motiva Oy www-sivut 2016. Viitattu 23.2.2017 [http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/energiatehokkuuden\\_parantaminen/korjaushankkeet](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/energiatehokkuuden_parantaminen/korjaushankkeet)

Motiva Oy www-sivut 2016. Viitattu 19.4.2017 [https://www.motiva.fi/files/1417/Motiwatti\\_2.0\\_energiakatselmoijan\\_tyokalun\\_laskentaperiaatteet.pdf](https://www.motiva.fi/files/1417/Motiwatti_2.0_energiakatselmoijan_tyokalun_laskentaperiaatteet.pdf)

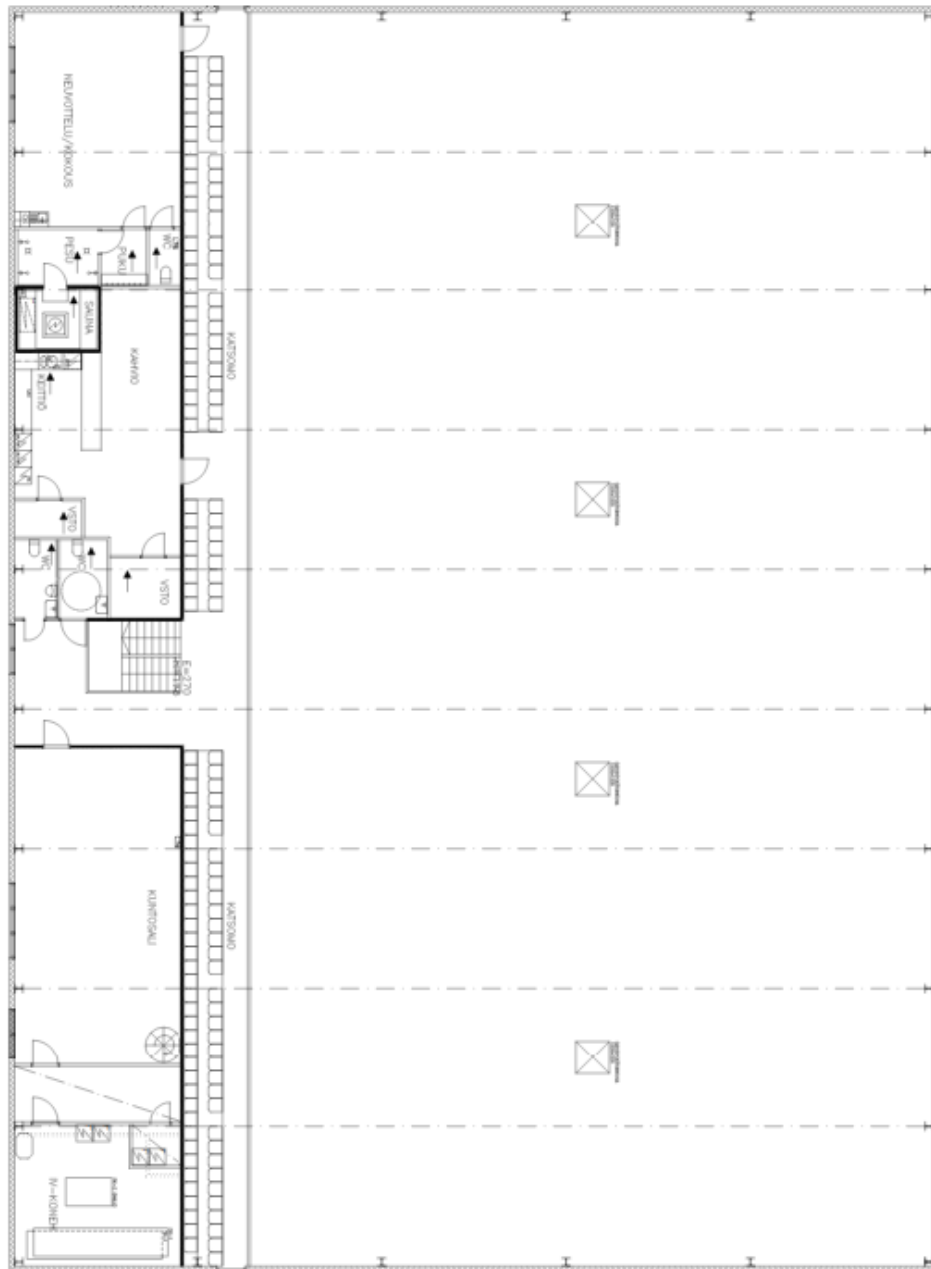
RAKLI ry www-sivut. 2017. Viitattu 17.1.2017. [www.rakli.fi/energia-tehokkuus/energiatehokkuus/html](http://www.rakli.fi/energia-tehokkuus/energiatehokkuus/html)

Sandberg, E. 2014. Ilmastointitekniikka osa 2. Tampere: Tammerprint.

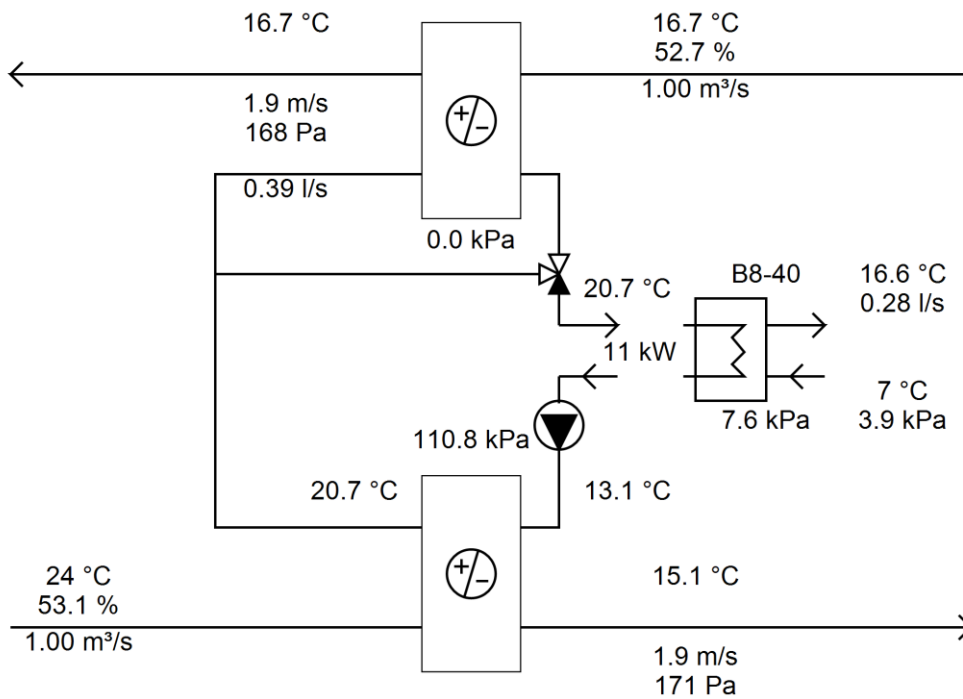
1-kerroksen pohjakuva



## 2-kerroksen pohjakuva



Econet kaavio - Kesä



### Econet kaavio - Talvi

